

Brazilian Journal of Development

Ampliação da capacidade de tratamento da estação de tratamento de esgotos de Quirinópolis Go por meio da implantação da tecnologia de reator biológico de leito móvel(MBBR)

Expansion of the treatment capacity of the Quirinópolis Go sewage treatment through the implementation of the biological reactor technology of mobile Bed (MBBR)

DOI:10.34117/bjdv5n11-258

Recebimento dos originais: 10/10/2019

Aceitação para publicação: 22/11/2019

Francisco Javier Cuba Teran

Doutor em Engenharia Civil na Área de Hidráulica e Saneamento

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Endereço: Avenida Universitária, 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, CEP 74605-220

E-mail: paco@ufg.br

Gabriela Ribeiro de Sousa

Acadêmica de Engenharia Ambiental e Sanitária

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Endereço: Avenida Universitária, 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, CEP 74605-220

E-mail: paco@ufg.br

Guilherme de Oliveira Santos

Engenheiro Civil

Instituição: Hollus Engenharia e Meio Ambiente

Endereço: Rua 118, 288 - Setor Sul, Goiânia - GO, CEP 74085-400

E-mail: paco@ufg.br

Juliana Santos de Santana

Técnica Industrial

Instituição: Saneamento de Goiás (SANEAGO)

Endereço: Avenida Fued José Sebba, 1245. Jardim Goiás - Goiânia GO CEP 74805-100

E-mail: paco@ufg.br

Wellington Teixeira Júnior

Engenheiro Civil

Instituição: Hollus Engenharia e Meio Ambiente

Endereço: Rua 118, 288 - Setor Sul, Goiânia - GO, CEP 74085-400

E-mail: paco@ufg.br

Renata Medici Frayne Cuba

Doutora em Engenharia Civil na Área de Hidráulica e Saneamento

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Endereço: Avenida Universitária, 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, CEP 74605-220

E-mail: paco@ufg.br

RESUMO

Moving Bed Biofilm Reactor – MBBR, que pode ser traduzido para português como Reator Biológico de Leito Móvel, consiste em uma tecnologia de tratamento com microrganismos que ficam retidos dentro de um reator na superfície de material inerte. Este trabalho relata a experiência na operação de um reator biológico de leito móvel em escala piloto, que foi operado com o objetivo de obter dados para a ampliação e reforma de um biofiltro atualmente em operação na estação de tratamento de esgotos da cidade de Quirinópolis GO. Assim também, analisar a eficiência do sistema MBBR na remoção de DBO e fósforo do efluente. Tempos de detenção hidráulica da ordem de 1 h foram aplicados com remoção de DBO de 85%. Uma dosagem de 45 mg/L de cloreto férrico permitiu efetuar remoção adicional de DBO chegando até 98 %. A remoção de fósforo foi de 78 % nas condições definidas para o ensaio de jarresteste.

Palavras-chave: Leito móvel, upgrade, biofiltro, biofilme, escala real**ABSTRACT**

Moving Bed Biofilm Reactor - MBBR, which can be translated into Portuguese as a Mobile Bed Biological Reactor, consists of a technology for treating microorganisms that are trapped inside a reactor on the surface of inert material. This work reports the experience in the operation of a pilot scale mobile bed biological reactor, which was operated with the objective of obtaining data for the expansion and renovation of a biofilter currently operating in the sewage treatment plant of the city of Quirinópolis GO. Also, analyze the efficiency of the MBBR system in removing BOD and phosphorus from the effluent. Hydraulic holding times of the order of 1 hr were applied with 85% BOD removal. A dosage of 45 mg / L ferric chloride allowed for additional BOD removal up to 98%. Phosphorus removal was 78% under the conditions defined for the test of jarresteste. Keywords: movable bed, upgrade, biofilter, biofilm, full scale

Keywords: movable bed, upgrade, biofilter, biofilm, full scale**1 INTRODUÇÃO/OBJETIVOS**

O reator biológico de leito móvel – (*Moving Bed Biofilm Reactor – MBBR*) consiste em uma tecnologia de tratamento que emprega uma cultura de microrganismos retida dentro de um reator na superfície de material inerte. Este material inerte, geralmente oco, de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), tem como objetivo servir de suporte para a biomassa de forma que os microrganismos cresçam aglutinados formando uma película biológica denominada biofilme. No processo aeróbio do MBBR o meio suporte para desenvolvimento do biofilme é aerado por meio da introdução de ar difuso (BELOTTI, 2016; CAMPOS e CATINO, 2013; RUSTEN *et al*, 2000).

Existem variedades de materiais que podem ser utilizados como meio suporte para microrganismos. Contudo, os meios suporte em material plástico são os mais utilizados. A forma e a estrutura destes materiais exercem papel importante na operação do sistema, haja vista que o desenvolvimento e a qualidade do biofilme afetam diretamente a eficiência das estações de tratamento nas quais o processo é utilizado. O emprego desta tecnologia deve seguir alguns critérios. ODEGAARD (1999), recomenda que o preenchimento do reator com meio suporte móvel seja de até 70% do volume útil do tanque, o que corresponde a uma área específica de 350 m²/m³. Taxas de remoção reportadas por McQuarrie e Boltz (2011) tem chegado a valores da ordem de 1,7 a 5,0 e 0,1 a 0,4 kg/m³.d para DBO e nitrificação respectivamente.

É nesse valor de superfície específica que está baseado o princípio da aplicação do processo na ampliação da capacidade de instalações existentes. A elevada concentração de microrganismos que ele permite reter no interior dos tanques permite dispensar a recirculação de lodo. Odegard, em 2006, alcançou concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) que variavam entre 3400 e 8400 mg/L ao ocupar 60 % do volume útil do reator aeróbio com meio suporte com superfície específica de 500 m²/m³. Esses valores de SSV são superiores aos comumente apresentados em tanques de aeração de lodos ativados.

Ao comparar o processo do MBBR com o sistema de lodos ativados aparecem algumas especificidades deste sistema que o tornam uma boa alternativa para tratamento. Diferente do sistema de lodos ativados, o reator com suporte móvel de biofilme dispensa a recirculação do lodo, permite trabalhar com reatores de menor volume, permite uma versatilidade na utilização de diferentes formas geométricas para o reator, é capaz de suportar a variações das vazões de pico em períodos de chuva, dispensa a necessidade de lavagem ou controle da espessura do biofilme. A desvantagem que apresenta ao compará-lo com o sistema de lodos ativados é o maior consumo de energia haja vista que a demanda de oxigênio dissolvido é maior em

decorrência das limitações da difusão do mesmo dentro do biofilme (ODEGAARD, 1999; FUJII, 2011; OLIVEIRA *et al*, 2012;).

De acordo com METCALF & EDDY (2016), a eficiência de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigenio (DBO) no sistema de biofilme aerado é igual a 85% ou superior. Estudos realizados em estações de tratamento da Noruega por ODEGAARD em 1996 e 1997, nas cidades de Steinsholt e Eidsfoss, demonstraram altas eficiências na remoção de carga orgânica utilizando reatores com leito móvel de biofilme. Os resultados obtidos nestas estações chegaram a 97,4% e 91,8% de remoção de DBO e 95,8% e 98,2% de remoção de fósforo. Baseado nos resultados apresentados pelo autor, é factível o uso do sistema em sistemas eficientes e compactos.

A área de estudo deste trabalho compreende a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Quirinópolis-GO, a qual é constituída por tratamento preliminar, três reatores *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) e uma unidade aeróbia compacta pré-fabricada com compartimentos aerados e de decantação. Essa unidade, chamada doravante de biofiltro, tem apresentado sucessivos problemas de operação decorrentes do acúmulo de ar no fundo falso e no material suporte feito de placas de polietileno, cada uma com 0,24 m² de área, tornando-se necessária a modificação do processo.

Nesse contexto, a substituição do fundo falso e das placas de PEAD por material suporte móvel constituído por anéis de PEAD aparece como uma alternativa interessante sendo que permitiria usar o volume do reservatório existente, o sistema de difusores e sopradores de ar instalados, assim como os compartimentos de decantação. Nesse caso a unidade passaria a funcionar como um MBBR com material suporte constituído por anéis de PEAD operando em suspensão dentro do líquido.

Deste modo este trabalho tem como objetivo verificar a eficiência de remoção de material orgânico biodegradável, e remoção de fósforo de um sistema MBBR em escala piloto, visando a produção de informações que subsidiem a análise da viabilidade do seu emprego no upgrade do reator em escala real existente na estação de tratamento de esgotos de Quirinópolis – GO.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A estação de tratamento de esgotos da cidade de Quirinópolis-GO possui capacidade para o tratamento de 100 L/s e está constituída por tratamento preliminar com grade grossa, caixa de areia e medidor Parshall, três reatores UASB operando em paralelo e um sistema

aeróbio compacto. Esse sistema pré-fabricado consiste de um reservatório cilíndrico com 21 m de diâmetro e 4,5 m de altura. Apresenta quatro compartimentos com alimentação de ar difuso, e dois compartimentos de decantação providos de módulos tubulares. O sistema pré-fabricado tem apresentado problemas constantes de operação, geralmente ocasionados pelo levantamento das chapas metálicas (fundo falso) decorrente do acúmulo de ar em baixo das mesmas.

Para estudar o efeito dos problemas operacionais na ETE de Quirinópolis, foram solicitadas os resultados das análises de DBO do afluente e efluente da estação, realizada pela companhia responsável pela operação, SANEAGO. Análises de DBO também foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Goiás (UFG) seguindo a metodologia do *Standard Methods* (APHA, 1999). No mesmo laboratório foram feitos também ensaios em Jar Test com diferentes dosagens de cloreto férrico, a fim de analisar a remoção de fósforo do sistema.

De forma a verificar a eficiência da tecnologia MBBR foi implantado um sistema em escala piloto constituído por um reator biológico com volume útil de 13,35 L, dimensões 18,5 cm x 18,5 cm x 39,0 cm, instalado no Centro de Pesquisas da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (UFG). O esgoto sanitário que alimentou o reator piloto foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto de Quirinópolis-GO, na caixa de reunião instalada na saída dos reatores UASB existentes na ETE. Foram realizadas cinco coletas de esgoto na ETE de Quirinópolis. As coleta foram realizadas nos dias 22 de outubro de 2018, às 11:30 horas, no dia 19 de novembro de 2018, às 12:30 horas, no dia 27 de dezembro de 2018, às 14:00 horas, no dia 14 de fevereiro de 2019, às 08:00 horas e no dia 14 de março de 2019, às 08:00 horas. Em todas as coletas o esgoto foi armazenado em recipientes de 50 litros e transportado até o laboratório da UFG.

O material de suporte utilizado, modelo MBBRing 681 26 8 Light – Interpacking (cor preta), é de PEAD com densidade de 0,95 kg/L, diâmetro de 26,6 mm e altura de 8mm, possui área superficial específica de 573 m²/m³, superfície específica protegida (interna às peças) de 250 m²/m³ e o índice de vazios é de 90,84%. As Figuras 1 ilustra o material de suporte do Reator de Leito Móvel de Biofilme.

Figura 1 – Modelo do material de suporte utilizado. MBBRing 681 26 8 Light – Interpacking.



Para realização do ensaio com o reator piloto, 70% do volume útil foi preenchido com o suporte plástico, ou seja, 9.342cm^3 . Para preenchimento desse volume foram utilizadas 1.300 peças. O sistema montado em escala piloto, possui vazão de $82,40\text{ mL/min}$ e tempo de detenção hidráulica de $2,70\text{ h}$. A aeração do reator é promovida por meio de um compressor de ar. A Figura 5 apresenta o sistema piloto implantado no laboratório com a indicação das unidades do processo.

Figura 5 – Reator de Leito Móvel com Biofilme em escala piloto



1 – Linha de ar comprimido; 2 – Alimentação com esgoto pós UASB; 3 – Válvula de alimentação com bóia; 4 – Reator de leito móvel (Escala piloto); 5 – Bomba peristáltica – Exatta $11,00\text{ L/h}$ (coleta e descarte do esgoto tratado).

3 RESULTADOS/DISCUSSÃO

Para estudar o efeito dos problemas operacionais foram efetuadas análises de DBO de forma a verificar o atendimento a eficiência mínima estabelecida na legislação ambiental. As análises da remoção de DBO realizadas pela SANEAGO no período de 16/01/2017 a 06/06/2017 resultaram nas eficiências apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados das análises de DBO da ETE Quirinópolis e eficiência de remoção da DBO.

Data de análises	DBO Afluente (mg/L)	DBO Efluente (mg/L)	Eficiência de remoção da DBO (%)
16/01/2017	198	43	78,28
15/02/2017	286	53	81,46
21/03/2017	180	52	71,12
10/04/2017	250	54	78,40
08/05/2017	300	63	79,00
06/06/2017	315	68	78,41

As análises de remoção de DBO da ETE Quirinópolis retrataram uma remoção média de 77,8%, sendo que a nitrificação e a remoção de fósforo não são monitoradas. A Resolução do CONAMA 430 estabelece que a condição ideal para despejo no corpo d'água de DBO seja de 60%, dessa forma entende-se que a ETE opera dentro do estabelecido pela legislação, entretanto, as análises adicionais realizadas na UFG a partir de amostra coletadas na saída dos reatores UASB revelaram que a remoção de DBO nessas unidades é de 62% e a remoção de DBO no biofiltro é de 45%. A remoção de sólidos totais nos reatores UASB é de 47% e no biofiltro é de 7%. Observa-se a partir dos dados obtidos que a etapa estudada, biofiltro, opera com baixa eficiência, que pode contribuir para um efluente final de baixa qualidade. Na Figura 3 é apresentado o material filtrante utilizado na ETE Quirinópolis e na Figura 4 é apresentado o biofiltro aerado.

Figura 3 – Material Filtrante utilizado no reator existente na ETE Quirinópolis.



Figura 4 – Biofiltro Aerado existente na ETE Quirinópolis.



Alguns problemas de operação foram detectados nos reatores anaeróbios, podendo ser solucionados por meio de operações de desobstrução e troca de algumas tubulações. O principal problema está no biofiltro sendo que, pelos resultados da análise de sólidos totais, pode-se inferir que existe uma deficiência na remoção de DBO particulada, que deveria ocorrer nos compartimentos de decantação de alta taxa.

Visando obter dados necessários que confirmem a aplicabilidade da tecnologia, foram coletadas amostras de esgoto bruto e tratado que acusaram os resultados apresentados na Tabela 2. A otimização está baseada no monitoramento do tempo de detenção hidráulica e da porcentagem do volume útil do tanque ocupada pelo material suporte.

Tabela 2 - Análise de DBO do Afluente e Efluente final do reator em escala piloto e eficiência de remoção da DBO.

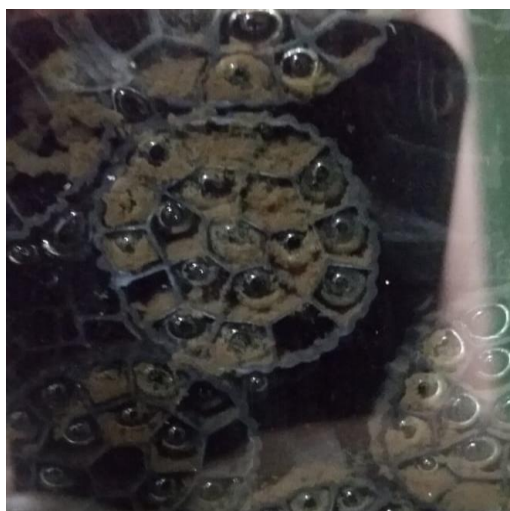
Data de análise	DBO Afluente	DBO Efluente	Eficiência de remoção
	(mg/L)	(mg/L)	da DBO (%)

26/10/2018	377	80	78,78
16/11/2018	230	113	50,87
22/11/2018	202	38	81,19
28/11/2018	171	26	84,80
07/02/2019	52	9	82,69
23/03/2019	159	7	88,87

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 observa-se que a eficiência vai aumentando de forma satisfatória. Este aumento é decorrente do acúmulo de microorganismos retidos no reator, os quais formam o biofilme, como mostra a Figura 5.

A maior concentração de sólidos mantida aderida e em suspensão no reator permite o aumento da decomposição da matéria orgânica carbonácea e da conversão de compostos nitrogenados, quando comparadas às que ocorrem no processo de lodos ativados (OLIVEIRA et al., 2013)

Figura 5- Formação do biofilme no material suporte.



Os resultados do ensaio de jar test são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de fósforo e DBO do Efluente do reator, em prova de jar test.

Jarro	Dosagem FeCl ₃ (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Turbidez (uT)
1	0	15	7,55	41,3
2	30	7	3,58	2,5
3	45	4	1,69	1,4
4	60	6	1,94	3,5
5	80	5	3,84	5,8

Tempo de detenção hidráulica da ordem de 1 h foi aplicado com remoção de DBO de 85%. Uma dosagem de 45 mg/L de cloreto férrico permitiu efetuar uma remoção adicional de DBO que quando comparada com a DBO do esgoto bruto foi de 98 %. A remoção de fósforo foi de 78 % nas condições definidas para o ensaio de jar test

De forma a aplicar os resultados obtidos experimentalmente à unidade em escala real operando na ETE de Quirinópolis, foram realizadas as estimativas descritas a seguir.

O valor de superfície específica protegida do MBBR fornecido pelo fabricante de 250 m²/m³, aliado ao volume a ser preenchido igual a 778,8 m³ do reator em escala real, permitem fazer uma estimativa da superfície de biofilme igual a 136290 m² que deverá estar presente no reator calculada a partir de 70 % de porcentagem de volume útil a ser ocupada pelo suporte. As diferentes configurações dos meios suporte resultam em diferentes áreas de contato, as quais podem ainda apresentar maior ou menor potencial para aderência de biomassa em função do arranjo e desenho geométrico da peça (OLIVEIRA et al., 2013).

A partir de uma vazão de 10423,3 m³/d e uma DBO efluente dos reatores UASB de 106,1 g/m³, pode ser calculada a carga orgânica de 1105,87 kgDBO/d dando um fluxo de DBO de 8,11 aplicada por unidade de superfície de biofilme em gDBO/m².d.

Com o monitoramento da remoção de fósforo obtém-se, para área superficial de decantação de alta taxa igual a 85,82 m², valores de taxa de aplicação superficial para o dimensionamento de decantadores de alta taxa providos de módulos tubulares igual a 121,4 m³/m².d.

4 CONCLUSÃO

O reator comprovou sua elevada capacidade de remoção de matéria orgânica graças à presença de uma película biológica consistente aderida à parte interna do material suporte. Os resultados foram satisfatórios e esperado conforme a literatura, evidenciando que a tecnologia adotada para o estudo é eficaz. O sistema de tratamento MBBR atende as necessidades da ETE Quirinópolis, uma vez que a mesma apresenta falhas na operação e é indispensável uma melhoria eficaz com aproveitamento máximo da estrutura existente.

REFERÊNCIAS

BELOTTI, G. D. J. (2016). Desempenho de um reator anaeróbio com leito móvel de biofilme e membrana de microfiltração no tratamento de água cinza clara. Dissertação de mestrado. Centro Tecnológico. Universidade Federal do Espírito Santo. 2016.

- CAMPOS, F.; CATINO, R. (2013). Avaliação do desempenho de um sistema piloto de MBBR tratando esgoto doméstico. Revista TAE. 2013, v.45, 9-8p.
- FUJII, F.Y., Análise comparativa entre o processo de lodo ativado e o reator de biofilme de leito móvel na remoção de nitrogênio de esgoto sanitário, 2011. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo EPUSP, 2011.
- L METCALF; HP EDDY/ AECOM. TCHOBANOUGLOUS, G; STENSEL, D H; TSUCHIHASHI, R. BURTON, F; ABU-ORF, M; BOWDEN, G; PFRANG W. (2016). Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. McGraw-Hill. 5ª Ed.. 2016, p. 1012.
- ODEGAARD, H. (1999). The Moving Bed Biofilm Reactor. Water Environmental Engineering and Reuse of Water, Hokkaido Press. 1999, 250-305p.
- ODEGAARD, H. (2006). Innovations in wastewater treatment: the moving bed biofilm process. Water science and technology. 2006, v.53, n.9, 17-33p.
- OLVEIRA, D. M.; VOLSCHAN Jr, I.; PIVELI, R P. (2013). Avaliação comparativa entre custos dos processos MBBR/IFAS e lodo ativado para tratamento de esgoto sanitário. Revista DAE. 2013. n.193, 46-55p.
- MCQUARRIE, J. P.; BOLTZ, J.P. (2011). Moving bed biofilm reactor technology: Process applications, design and performance. Water environment research. 2011, v.83, n.6, 560-575p.
- RUSTEN, B., HELLSTROM, B. G., HELLSTROM, F., SEHESTED, O., SKJELFOSS, E., SVENDSEN, B. (2000). Pilot testing and preliminary design of moving bed biofilm reactors for nitrogen removal at the frevar wastewater treatment plant, Water Science and Technology. 2000, v.42, n. 4-5, 13-20p.